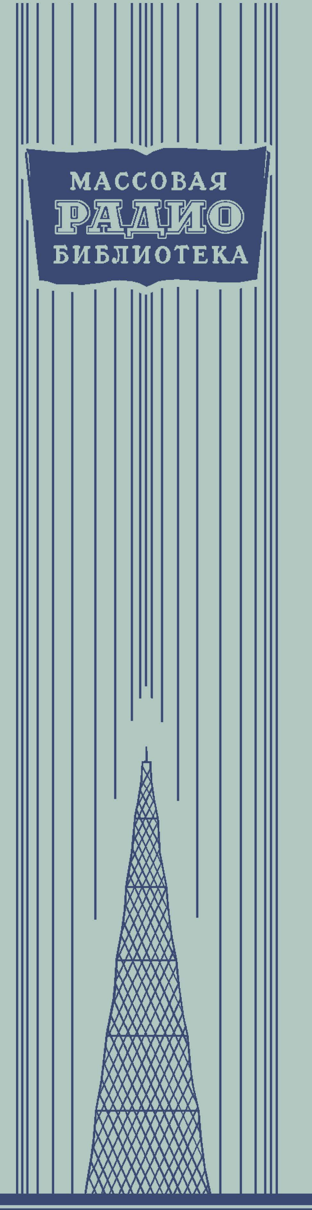
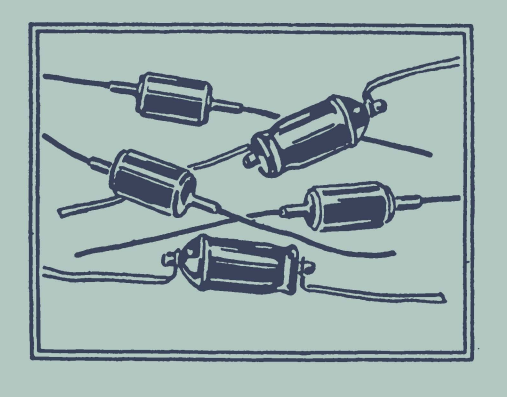


А. Д. АЗАТЬЯН и С. А. ТОЛКАЧЕВА

ГЕРМАНИЕВЫЕ ДИОДЫ ДГ-Ц





ГОСЭНЕРГОИЗДАТ

1955

К ЧИТАТЕЛЯМ

Выпуски массовой радиобиблиотеки служат важному делу пропаганды радиотехнических знаний среди широких слоев населения нашей страны и способствуют развитию радиолюбительства. В свете этих задач большое значение имеет привлечение радиолюбительской общественности к критике каждой вышедшей книги и брошюры.

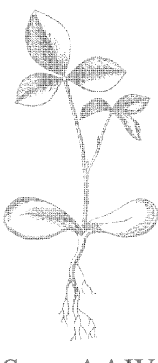
Редакция массовой радиобиблиотеки обращается к читателям данной книги с просьбой прислать свои отзывы, пожелания и замечания вместе с краткими сообщениями о своем образовании, профессии, возрасте и радиолюбительском опыте по адресу: Москва Ж-114, Шлюзовая набережная, д. 10. Редакция массовой радиобиблиотеки Госэнергоиздата.

МАССОВАЯ РАДИОБИБЛИОТЕКА

Выпуск 235

А. Д. АЗАТЬЯН и С. А. ТОЛКАЧЕВА

ГЕРМАНИЕВЫЕ ДИОДЫ ДГ-Ц







ГОСУДАРСТВЕННОЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО

МОСКВА 1955 ЛЕНИНГРАД

В брошюре даются основные сведения о германиевых диодах ДГ-Ц, предназначенных для использования в различной электротехнической и радиотехнической аппаратуре. Приводятся параметры и характеристики девяти типов диодов с точечным контактом, четырех типов диодов с плоскостным контактом и рассматриваются основные вопросы их применения в радиовещательных приемниках, телевизорах и измерительной аппаратуре.

Брошюра предназначена для подготовленных радиолюбителей и конструкторов радиоаппаратуры. Приведенные в ней сведения могут быть полезны также инженерно-техническому персоналу, занимающемуся конструированием различной электротехнической и радиотехнической аппаратуры.

Авторы: *Азатьян Артемий Джеймсович* и *Толкачева Самуэлла Абрамовна* — ГЕРМАНИЕВЫЕ ДИОДЫ ДГ-Ц.

Редактор *К. А. Шульгин* Техн. редактор *И. М. Скворцов*

Сдано в набор 10/X 1955 г. Подписано к печати 24/XI 1955 г.
Бумага 84×108 1/32 Объем 2,05 п. л. Уч.-изд. л. 2,5 Заказ 440
Т 09538 Тираж 25 000 экз. Цена 1 руб.

Типография Госэнергоиздата. Москва, Шлюзовая наб., 10.

ВВЕДЕНИЕ

В результате всесторонних исследований свойств полупроводниковых материалов, проделанных в последние годы, стали возможными конструирование и промышленное изготовление кристаллических диодов и триодов, с успехом заменяющих во многих областях техники электронные лампы. Появление кремниевых и германиевых кристаллических приборов позволило решить ряд задач в области сверхвысоких частот, казавшихся ранее неразрешимыми. Выдающуюся роль в этих исследованиях сыграли советские физики.

Кремний применяется в кристаллических диодах, рассчитанных для работы с относительно малыми напряжениями. По сравнению с германиевыми промышленные образцы кремниевых диодов обладают более высокой чувствительностью при детектировании слабых сигналов, но зато неустойчивы против воздействия высоких обратных напряжений. В диодах, предназначенных для работы с более высокими напряжениями, и триодах в качестве полупроводника используется германий.

Германий представляет собой твердый хрупкий металл серо-белого цвета, химически очень устойчивый при обыкновенной температуре и плавящийся при температуре 950° С. Он является полупроводником; его электропроводность в несколько миллионов раз хуже электропроводности меди. Проводимость германия изменяется в очень широких пределах в зависимости от состояния кристаллической решетки («собственная» проводимость), а также от состава и количества примесей («примесная» проводимость). Замечательным свойством германия является его способность выдерживать высокие обратные напряжения. В настоящее время изготовлены германиевые диоды, рассчитанные на обратные напряжения до 400 *в* и даже выше.

Физика явлений, создающих эффект односторонней проводимости, довольно сложна. Исследования показали, что полупроводники могут обладать двумя различными видами проводимости: электронной и так называемой дырочной.

Дырочная проводимость обусловлена движением так называемых дырок, или, точнее, зарядов дырок. Под названием «дырка» понимают незаполненный уровень энергии в заполненной зоне уровней твердого тела, который вызывается существованием атома с недостающим электроном. Отрыв внешних электронов от атомов полупроводника может происходить вследствие различных причин, например теплового движения. Так как атомы с недостающими электронами оказываются заряженными положительно, причем положительный заряд возник в результате образования дырки, то условно принято считать дырку носителем положительного заряда. Если полупроводник находится вне электрического поля, то дырки и электроны хаотически рекомбинируют, восстанавливая нейтральные атомы и образуя другие свободные электроны и дырки. Под действием сил электрического поля электрон соседнего атома переходит в дырку рядом стоящего атома, образуя в этом соседнем атоме дырку, в которую переходит электрон от другого соседнего с ней атома и т. д. В результате этого происходит как бы перемещение дырки, а вместе с тем и положительного заряда в сторону отрицательного полюса источника, образовавшего поле. Такие перемещения положительных зарядов и обусловливают дырочную проводимость.

Вид проводимости полупроводника в значительной мере определяется количеством и составом примесей (индий, сурьма, мышьяк и др.), нарушающих состояние его кристаллической решетки и создающих избыток или недостаток электронов. При наличии избыточных электронов полупроводник обладает электронной проводимостью, а при недостатке электронов — дырочной проводимостью. В свою очередь вид проводимости определяет направление, в котором германиевый диод пропускает ток. Если в нем применяется германий с электронной проводимостью, то диод пропускает ток от металла к полупроводнику. Если же используется германий с дырочной проводимостью, то бóльшая проводимость имеет место от полупроводника к металлу. В диоде выпрямление происходит не в точке контакта металла с полупроводником, а в тонком барьерном слое, отделяющем друг от друга полупроводники с разными видами проводимости.

В настоящее время сконструированы германиевые диоды двух основных, принципиально различных типов: с точечным и с плоскостным контактами. В приборах первого типа выпрямление осуществляется в тонком слое германия, прилегающем к точке соприкосновения полупроводника с металлической иглой. В приборах второго типа выпрямляющей частью являются электронно-дырочные или дырочно-электронные переходы в монокристалле германия, получаемые путем введения в него соответствующих примесей.

Основные различие между свойствами точечных и плоскостных диодов определяются главным образом площадью контакта рабочей части. Диоды с точечным контактом имеют значительно меньшие, чем плоскостные, междуэлектродные емкости и могут работать на более высоких частотах, что является их преимуществом перед плоскостными. С другой стороны, малая площадь контакта не позволяет рассеивать в месте контакта значительные мощности. В этом отношении приборы с плоскостным контактом гораздо лучше точечных. Существующие диоды с плоскостными контактами допускают большие токи (до 1—2 *а* против 16—24 *ма* для точечных диодов).

Данная брошюра имеет целью ознакомить радиолюбителей и конструкторов радиоаппаратуры с основными параметрами, характеристиками и эксплуатационными качествами выпускаемых нашей промышленностью германиевых диодов типа ДГ-Ц.

ПАРАМЕТРЫ И ХАРАКТЕРИСТИКИ ДИОДОВ ДГ-Ц С ТОЧЕЧНЫМ КОНТАКТОМ

В настоящее время выпускаются девять типов точечных германиевых диодов ДГ-Ц (ДГ-Ц1, ДГ-Ц2, ДГ-Ц4, ДГ-Ц5, ДГ-Ц6, ДГ-Ц7, ДГ-Ц8, ДГ-Ц12 и ДГ-Ц13). Все они конструктивно оформлены совершенно одинаково и изготовляются по единой технологии.

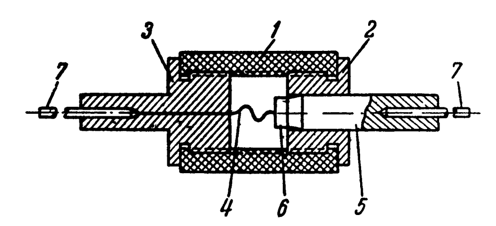
Устройство германиевого диода типа ДГ-Ц показано на фиг. 1. Кристалл германия прикреплен при помощи свинцово-оловянного припоя к фланцу кристаллодержателя и обращен в сторону иглы своей полированной поверхностью, имеющей площадь около 1 *мм*². Игла (пружинка) изготовлена из вольфрамовой проволоки диаметром 0,11 *мм* и имеет остро заточенный конец. Площадь соприкосновения острия иглы с кристаллом германия составляет несколько квадратных микрон. Диод имеет выводы из гибкой прово-

локи длиной около 50 *мм*, с помощью которых он может быть впаян в аппаратуру.

Основной характеристикой диода, показывающей его выпрямляющие свойства, является его вольтамперная характеристика (фиг. 2). Как видно из характеристики, германиевый диод обладает высокой проводимостью в направлении пропускания и высоким сопротивлением в обратном направлении.

Для определения качеств германиевых диодов с точечным контактом приняты следующие термины и определения:

1. Среднее значение выпрямленного тока (или просто выпрямленный ток). Под таким определением понимают



Фиг. 1. Устройство кристаллического диода типа ДГ-Ц.

1 — керамическая втулка; *2* и *3*—металлические фланцы; *4* — вольфрамовая пружинка; *5* — кристаллодержатель; *6* — германий, *7* — выводы.

постоянную составляющую тока диода, которая может длительно протекать через последний, не вызывая недопустимого перегрева и необратимого изменения его характеристики.

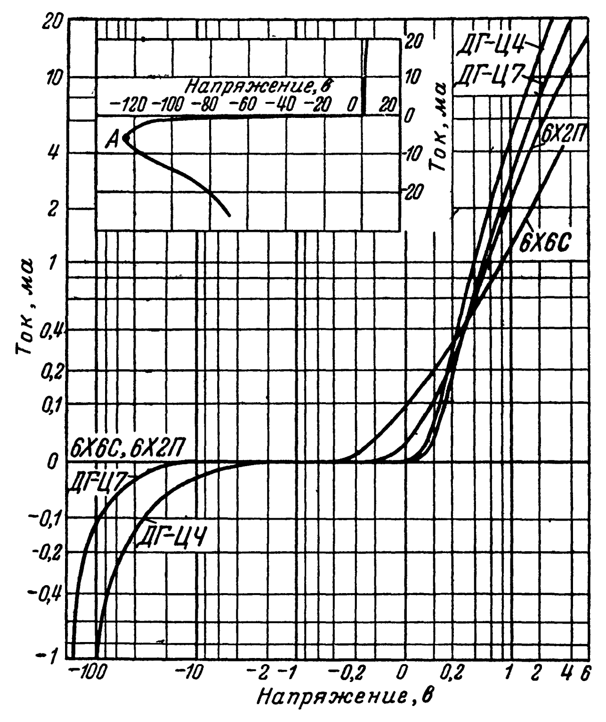
2. Прямой ток. Прямым называют ток, который протекает через диод, когда к нему приложено определенное по величине постоянное напряжение, причем полярность этого напряжения такова, что ток через диод имеет большее значение. Обычно измерение прямого тока производится при напряжении 1 *в*.

3. Обратный ток. Это ток, протекающий через диод в направлении, противоположном прямому, когда к диоду приложено определенное постоянное напряжение, полярность которого обратна полярности напряжения, вызывающего прямой ток (обратное напряжение). Обратный ток обычно измеряется при наибольшем допустимом для данного типа диода обратном напряжении.

4. Обратное пробивное напряжение представляет собой напряжение, при котором динамическое обратное сопротив-

ление диода становится незначительным. При этом обратный ток быстро возрастает до недопустимо большого значения и диод выходит из строя.

5. Наибольшая амплитуда обратного напряжения — это амплитуда напряжения, которое может быть приложено к диоду в обратном направлении в течение длительного времени без опасности нарушения нормальной работы диода.



Фиг. 2. Типовые вольтамперные характеристики диодов типов ДГ-Ц4, ДГ-Ц7, 6Х6С и 6Х2П.
В центре показана полная характеристика германиевого диода.

6. Проходная емкость. Проходной называют статическую емкость между зажимами диода, измеренную при отсутствии контакта между иглой и кристаллом.

7. Наибольшая амплитуда выпрямленного тока представляет собой наибольшее допустимое амплитудное значение тока через диод при его работе в однофазном однополупериодном выпрямителе с активной нагрузкой (без конденсатора).

8. Наибольшая амплитуда тока при переходных процессах — наибольшее значение амплитуды тока, который, протекая через диод в течение 1 сек., не вызывает в нем повреждений.

Как видно из характеристики германиевого диода (участок ниже точки *А* на фиг. 2), последний при определенных условиях обладает свойствами отрицательного сопротивления. Точка *А* перегиба кривой соответствует пробивному напряжению. Это свойство, как это будет показано дальше, может быть использовано для генерации электрических колебаний.

Протяженность и наклон обратной ветви характеризуют качество детектора в отношении его «высоковольтности». Крутизна прямой ветви характеристики позволяет оценить его свойства с точки зрения эффективности выпрямления и определяет внутреннее сопротивление диода в направлении пропускания.

Основные параметры девяти типов диодов ДГ-Ц, выпускаемых нашей промышленностью, приведены в табл. 1.

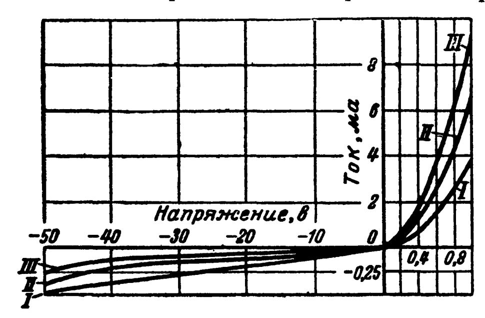
Таблица 1

Тип диода	Наибольшее обратное рабочее напряжение, *в*	Наименьшее обратное пробивное напряжение, *в*	Наименьший прямой ток при напряжении 1 *в*, *ма*	Наибольший обратный ток при различных рабочих напряжениях, *ма*					Наибольший выпрямленный продолжительный ток, *ма*
				—10 *в*	—30 *в*	—50 *в*	—75 *в*	—100 *в*	
ДГ-Ц1	50	—	2,5	—	—	1	—	—	16
ДГ-Ц2	50	75	4	—	—	0,5	—	—	16
ДГ-Ц4	75	100	2,5	—	—	—	0,8	—	16
ДГ-Ц5	75	100	1	—	—	—	0,25	—	16
ДГ-Ц6	100	125	2,5	—	—	—	—	0,8	16
ДГ-Ц7	100	125	1	—	—	—	—	0,25	16
ДГ-Ц8	30	50	10	—	0,5	—	—	—	24
ДГ-Ц12	30	45	5	0,5	—	—	—	—	16
ДГ-Ц13	30	45	1	0,25	—	—	—	—	16

Испытание диодов на срок службы производится при предельных допустимых значениях напряжения и выпрямленного тока. При этом допустимая амплитуда выпрямленного тока в однофазной однополупериодной схеме без шунтирующей емкости устанавливается для ДГ-Ц8 равной 75 *ма* (соответствует среднему значению выпрямленного

тока 24 *ма*) и для остальных типов ДГ-Ц — равной 50 *ма* (соответствует среднему значению выпрямленного тока 16 *ма*).

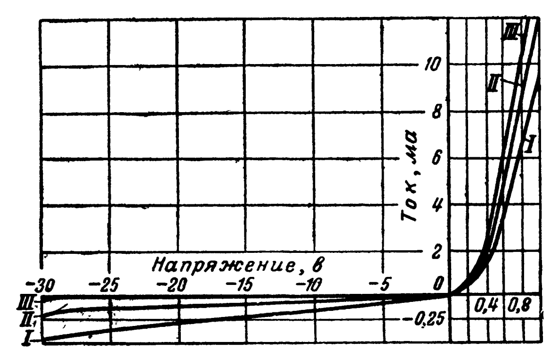
Типовые статические характеристики диодов типа ДГ-Ц2 и ДГ-Ц8 показаны на фиг. 3 и 4. Кривые *I* представляют



Фиг. 3. Средняя и предельные характеристики диода типа ДГ-Ц2.

I — нижний предел; *II* — среднее значение; *III* — верхний предел.

вольтамперные характеристики, построенные по данным табл. 1. Это — характеристики наихудших диодов. Кривые *II* являются характеристиками диодов, средних по качеству

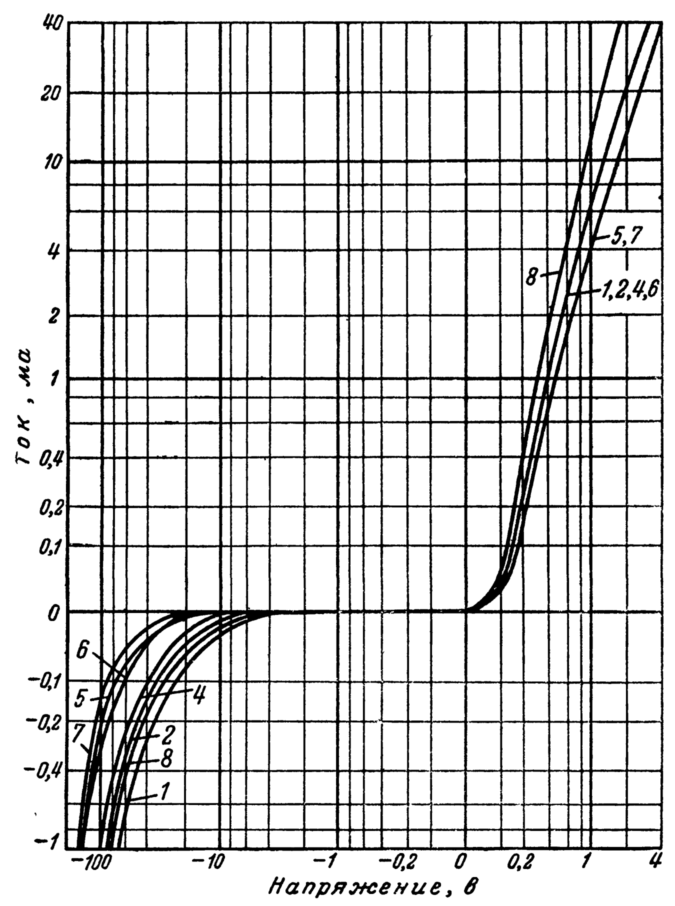


Фиг. 4. Средняя и предельные характеристики диода типа ДГ-Ц8.

I — нижний предел; *II* — среднее значение; *III* — верхний предел.

внутри каждого типа, а кривые *III* — характеристиками лучших образцов диодов ДГ-Ц2 и ДГ-Ц8. Для большей наглядности положительные и отрицательные части оси тока и оси напряжения имеют разные масштабы.

На фиг. 5 показаны средние типовые характеристики семи типов диодов ДГ-Ц, составленные в результате испытаний 50 диодов каждого типа. Для удобства изображения характеристик применена особая масштабная сетка, полу-



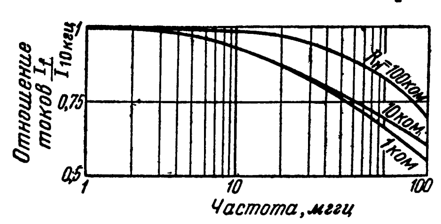
Фиг. 5. Вольтамперные характеристики семи типов диодов ДГ-Ц.

ченная из двух логарифмических шкал путем вычитания постоянных чисел: для шкалы абсцисс (шкала напряжения) — 0,1 *в* и для шкалы ординат (шкала тока) — 0,1 *ма*. Каждая шкала симметрична относительно нуля.

Вследствие того что по техническим условиям параметры диодов девяти типов ДГ-Ц ограничены только с одной

стороны, разброс параметров внутри каждого типа может быть весьма значительным.

Диоды типа ДГ-Ц обладают весьма хорошей стабильностью параметров во времени, выгодно отличающей их от многих типов германиевых диодов заграничных фирм. Следует заметить, что отдельным экземплярам диодов типа ДГ-Ц свойственно явление так называемой «ползучести обратного тока», заключающееся в том, что при включении диода обратный ток устанавливается не сразу, а в продолжение 2—3 мин., пока происходит подформовка контакта. В большинстве случаев применения явление «ползучести» не оказывает вредного влияния на работу аппаратуры. У подавляющего большинства диодов ДГ-Ц режим работы устанавливается почти мгновенно, что имеет весьма важное значение при использовании диодов в связной и измерительной аппаратуре.



Фиг. 6. Частотные характеристики диодов типа ДГ-Ц при трех сопротивлениях нагрузки $R_н$, показывающие снижение выпрямленного тока по сравнению с его значением на частоте 10 *кгц*.

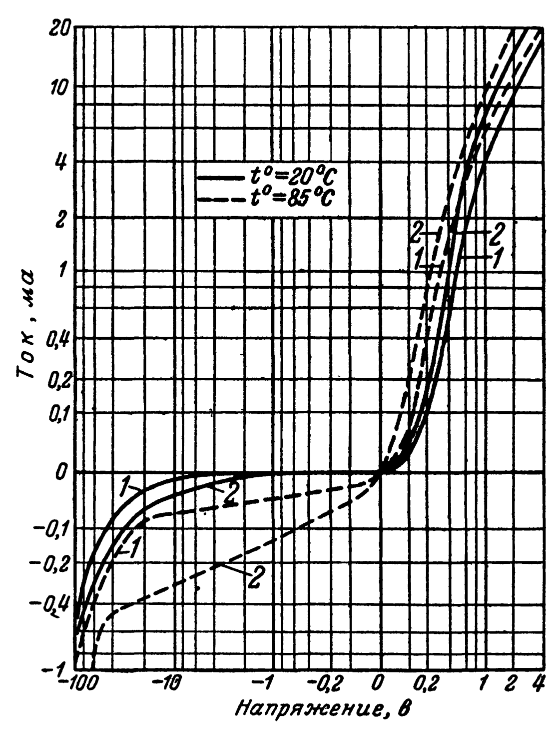
Диоды ДГ-Ц обладают также хорошей механической прочностью. Они выдерживают свободное падение с высоты 0,8 *м* на гладкую деревянную поверхность и испытание на вибрацию в диапазоне частот от 15 до 80 *гц* с амплитудами колебаний, соответствующими ускорению 8 *g*.

Проходная емкость диодов невелика и практически составляет 0,2—0,4 *пф*. Это позволяет использовать их для работы на высоких частотах. Завод-изготовитель определяет частотный предел диодов ДГ-Ц частотой 150 *мггц*, в действительности же он несколько выше. Частотные характеристики диодов (фиг. 6) имеют довольно большой разброс от образца к образцу, в среднем же они в значительной степени однородны для всех типов.

Гарантируемый срок службы диодов ДГ-Ц ориентировочно установлен равным 4 000 час. Однако есть основания полагать, что эта цифра будет значительно увеличена.

Основным недостатком диодов ДГ-Ц, как, впрочем, и всех полупроводниковых приборов, является их большая восприимчивость к изменению температуры (фиг. 7). Испытания показали, что при понижении температуры до 50° С

прямой ток диода может упасть до 0,7 значения, измеренного при + 20° C; при этом обратный ток тоже падает, но менее заметно. Повышение температуры до + 70° C может вызвать возрастание обратного тока более чем в 3 раза. При последующем понижении температуры окружающей среды параметры диодов восстанавливаются примерно до первоначальных значений, измеренных при + 20° C.



Фиг. 7. Изменение вольтамперных характеристик диодов ДГ-Ц при повышении температуры.

Влияние температуры следует учитывать для каждого конкретного случая применения диода. В некоторых случаях, например в силовых выпрямителях, повышение температуры окружающей среды до + 70° практически неощутимо. При детектировании сигналов с малыми амплитудами может оказаться заметным как повышение, так и понижение температуры.

Малейшее проникновение влаги во внутреннюю полость диода приводит к резкому ухудшению его параметров и пор-

че. Несмотря на проклейку места соединения керамической втулки с металлическими флянцами и применение лакового покрытия, герметизация диода не является идеальной. Поэтому при эксплуатации диодов типа ДГ-Ц следует избегать их длительного пребывания во влажной атмосфере.

ПАРАМЕТРЫ ДИОДОВ ДГ-Ц С ПЛОСКОСТНЫМ КОНТАКТОМ

Германиевые диоды с плоскостным контактом называют «силовыми» благодаря их способности пропускать большие токи и рассеивать значительные мощности. Эта способность обусловлена высокой теплопроводностью германия и резко увеличенной по сравнению с точечными диодами поверхностью контакта. В настоящее время силовые германиевые диоды выпускаются четырех типов: ДГ-Ц21, ДГ-Ц22, ДГ-Ц23 и ДГ-Ц24. Они предназначены для работы на частотах до 50 *кгц*.

По своим габаритам силовые диоды мало отличаются от точечных. Полная длина силового диода без выводов составляет 21 *мм*, а наибольший диаметр 7,3 *мм*. Они легко монтируются в схеме, не требуя дополнительных опорных точек.

Система параметров, принятая для характеристики силовых диодов, отличается от системы параметров точечных диодов. В основном это отличие заключается в том, что почти все измерения для диодов с точечным контактом проводятся на постоянном токе, тогда как все измерения для силовых плоскостных диодов проводятся на переменном токе. Такое изменение методики испытания и связанное с этой методикой изменение физической сущности параметров диодов и их определений может быть объяснено с одной стороны тем, что при такой методике испытания (на переменном токе промышленной частоты 50 *гц*) измеряемые величины наиболее полно отражают действительные качества диодов при их практическом использовании в качестве выпрямительных элементов в питающих выпрямительных устройствах. С другой стороны, изменение системы параметров и методики испытаний объясняется тем, что группа силовых диодов была разработана несколько позднее точечных и при разработке новой системы параметров был учтен опыт эксплуатации и испытания диодов ДГ-Ц первых типов и введены более прогрессивные методы их испытания.

Силовые диоды ДГ-Ц характеризуются следующими основными параметрами:

1. Подводимое переменное напряжение — действующее значение синусоидального напряжения, подаваемого на диод. Предельная допустимая величина подводимого переменного напряжения является параметром, определяющим принадлежность диода к тому или иному типу, и характеризует способность диода выдерживать высокие обратные напряжения.

2. Выпрямленный ток диода — среднее за период значение тока, протекающего через диод в однополупериодной схеме выпрямления. Предельная допустимая величина выпрямленного тока диода характеризует его способность выдерживать большие токовые нагрузки. Выпрямленный ток диода измеряется последовательно включенным магнитоэлектрическим прибором.

3. Прямое падение напряжения диода — среднее за период значение напряжения на диоде, замеряемое магнитоэлектрическим прибором при протекании через диод тока в прямом направлении. Эта величина измеряется для каждого типа диода при предельном допустимом выпрямленном токе и характеризует внутреннее сопротивление диода в направлении пропускания при максимальном его использовании по току.

4. Обратный ток диода — среднее за период значение тока, проходящего через диод в обратном направлении при приложении к диоду переменного напряжения. Эта величина для каждого типа диода измеряется при предельно допустимом подводимом переменном напряжении. По величине обратного тока диода может быть определено его внутреннее сопротивление обратному току при максимальном использовании диода по напряжению.

По принятой системе разбраковки плоскостных диодов на типы номинальные значения подводимого переменного напряжения и среднего выпрямленного тока являются одновременно и максимально допустимыми.

Климатические условия, при которых измеряются параметры силовых диодов, влияют на их величину, поэтому все испытания диодов на заводе, в том числе и на срок службы, производятся при так называемых нормальных климатических условиях (температура окружающего воздуха $20 \pm 5°$ С, атмосферное давление 720 — 780 *мм* рт. ст. и относительная влажность воздуха 60—70%). Если диод работает в нормальных климатических условиях при пре-

дельных значениях подводимого напряжения и выпрямленного тока, то считают, что он используется в номинальном эксплуатационном режиме, являющемся основным режимом использования силовых диодов.

Параметры диодов ДГ-Ц21, ДГ-Ц22, ДГ-Ц23 и ДГ-Ц24 приведены в табл. 2.

Таблица 2

Параметры	ДГ-Ц21	ДГ-Ц22	ДГ-Ц23	ДГ-Ц24
Проводимое переменное напряжение (действующее), *в*	35	70	105	140
Выпрямленный ток, *ма*	300	300	300	300
Прямое падение напряжения (при номинальном выпрямленном токе), *в*	⩽0,5	⩽0,5	⩽0,5	⩽0,5
Обратный ток (при номинальном подводимом переменном напряжении), *ма*	⩽0,5	⩽0,5	⩽0,5	⩽0,5

Как видно из табл. 2, величина номинального выпрямленного тока для всех четырех типов диодов одинакова и равна 300 *ма*. Последние два параметра ограничены только с одной, худшей, стороны, поэтому образцы диодов каждого типа могут значительно отличаться один от другого по величинам прямого падения напряжения и обратного тока.

Следует иметь в виду, что показанные в табл. 2 величины переменных напряжений относятся к схеме однополупериодного выпрямления с нагрузкой, не зашунтированной емкостью. В этом случае максимальное значение обратного напряжения на диоде равно амплитуде подводимого переменного напряжения.

При работе силовых диодов на нагрузку, зашунтированную емкостью, следует иметь в виду, что максимальное значение обратного напряжения на диоде будет почти вдвое больше амплитуды подводимого переменного напряжения. Таким образом при использовании диода типа ДГ-Ц21 в схеме с активной нагрузкой, шунтированной емкостью, подводимое к диоду напряжение (действующее) не должно превышать 18—20 *в*, для диода типа ДГ-Ц22—36—39 *в*, для ДГ-Ц23—53—58 *в* и для ДГ-Ц24—72—78 *в*. Механизм работы диода в схеме выпрямления с активной нагрузкой, шунтированной емкостью, будет подробно разобран ниже.

Силовые диоды имеют значительную емкость, измеряемую десятками пикофарад (до 50 *пф*), поэтому их не рекомендуется применять на частотах выше 50 *кгц*, так как при этом начнет заметно сказываться шунтирующее действие их собственной емкости. На более высоких частотах целесообразнее применять диоды ДГ-Ц с точечным контактом.

При использовании диодов ДГ-Ц21, ДГ-Ц22, ДГ-Ц23 и ДГ-Ц24 при повышенных температурах окружающей среды необходимо во избежание порчи диодов облегчать режимы их использования либо по величине подводимого напряжения, либо по величине среднего выпрямленного тока. Диоды могут работать при положительных температурах до +70° С при условии, что подводимое переменное напряжение и выпрямленный ток будут не выше значений, указанных в табл. 3.

Таблица 3

Температура окружающего воздуха, °С	Отношение переменного напряжения к номинальному, %	Отношение выпрямленного тока к номинальному, %			
		ДГ-Ц21	ДГ-Ц22	ДГ-Ц23	ДГ-Ц24
до +35	100	100	100	100	100
до +50	80	80	100	100	100
до +50	100	50	50	30	30
до +70	80	50	50	50	50

Из рассмотрения табл. 3 можно заметить, что уменьшение подводимого напряжения для разных типов диодов не эквивалентно уменьшению среднего выпрямленного тока. Так, например, для диодов типов ДГ-Ц22, ДГ-Ц23 и ДГ-Ц24 при температуре окружающей среды +50° С при снижении подводимого напряжения на 20% (80% номинального значения) величину выпрямленного тока можно не уменьшать, однако если при этой температуре сохранить номинальное значение подводимого напряжения, то для диода ДГ-Ц22 средний выпрямленный ток должен быть снижен до 50%, а для диодов типов ДГ-Ц23 и ДГ-Ц24—до 30% номинального значения, т. е. до 90 *ма* вместо 300 *ма*. При работе диодов в условиях повышенных температур (50—70° С) их детекторные свойства несколько ухудшаются. Техническими условиями допускается отклонение выпрямленного напряжения при этих температурах от величины, измеренной при 20±5° С при пониженных в соответ-

ствии с табл. 3 подводимом напряжении и выпрямленном токе на 3%. Использование диодов при температурах, превышающих +70° С, может привести их к порче и поэтому не рекомендуется.

В условиях низких температур, до —60° С, диоды могут работать в номинальных режимах, при этом допускается такое же снижение эффекта детектирования (на 3%), как и при повышенных температурах.

Опыты показали, что если к силовому диоду добавить металлический радиатор для лучшего отвода и рассеивания тепла, то средний выпрямленный ток может быть без вреда для диода увеличен до 1 *а*. В большинстве случаев, когда необходимо увеличить выпрямленный ток, применение радиатора целесообразно, так как связанное с этим увеличение габаритов является вполне приемлемым.

Так же как и точечные диоды ДГ-Ц, силовые диоды хорошо герметизированы и допускают работу в условиях повышенной влажности. Механически силовые диоды очень прочны и могут работать практически в любых условиях.

Принципиально срок службы плоскостных диодов типов ДГ-Ц21, ДГ-Ц22, ДГ-Ц23 и ДГ-Ц24 чрезвычайно велик и исчисляется десятками тысяч часов. Однако ввиду новизны этих приборов и недостаточности экспериментальных материалов в настоящее время срок службы силовых диодов установлен равным 2 000 час.

ПРИМЕНЕНИЕ ДИОДОВ ДГ-Ц С ТОЧЕЧНЫМ КОНТАКТОМ

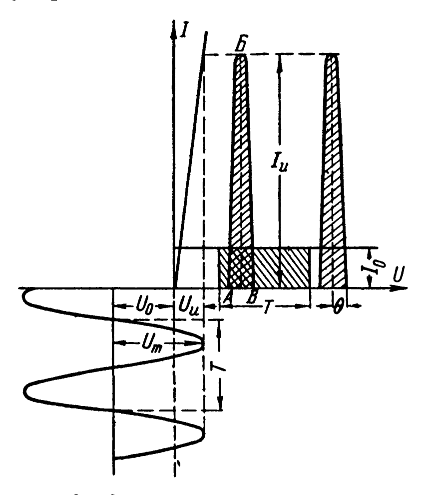
Германиевые диоды типа ДГ-Ц с точечным контактом могут быть применены для выпрямления переменного тока, детектирования аплитудномодулированных и частотномодулированных сигналов, детектирования сигналов изображения и восстановления постоянной составляющей в цепи управляющего электрода кинескопа в телевизорах, генерирования электрических колебаний, удвоения частоты и т. д. Кроме того, эти диоды могут быть использованы для выполнения самых разнообразных функций в качестве элементов с униполярной (односторонней) проводимостью.

Следует заметить, что в ряде случаев при детектировании диоды работают с малыми углами отсечки. При этом рабочая точка диода оказывается смещенной влево на величину, равную почти амплитуде детектируемых сигналов, вследствие чего на зажимах диода действует напряжение,

близкое к удвоенной амплитуде сигнала. Таким образом при необходимости детектировать сигналы с амплитудой до 50 *в* следует применять 100-вольтовый диод; 50-вольтовый диод годен для амплитуд до 25 *в* и т. д.

ВЫПРЯМЛЕНИЕ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

Диоды типа ДГ-Ц могут быть с успехом использованы в качестве вентилей в выпрямителях, предназначенных для питания маломощных радиоприемных и измерительных устройств. Для этой цели желательно применять диоды с возможно бóльшим пробивным напряжением и малым сопротивлением в направлении пропускания.



Фиг. 8. Идеализированная характеристика диода.

В выпрямителе с активной нагрузкой (без конденсатора на входе фильтра) при синусоидальном напряжении угол отсечки равен 90°. Вследствие этого в случае однополупериодного выпрямления амплитуда выпрямленного тока приблизительно в π раз больше среднего значения и для достижения предельного допустимого значения выпрямленного тока, равного 24 *ма*, должна составлять 78—80 *ма*. Если выпрямитель работает на активную нагрузку, шунтированную емкостью, то соотношение между средним значением и величиной импульса выпрямленного тока определяется углом отсечки θ, который получается тем меньше, чем больше постоянная времени цепи нагрузки.

Установить характер зависимостей между токами и напряжением при постоянной времени цепи нагрузки $\tau_н = C_ф R_н \gg T$, когда угол θ мал, удобнее всего по идеализированной вольтамперной характеристике диода. Идеализация характеристики заключается в спрямлении прямой ветви и пренебрежении действием обратной проводимости (фиг. 8).

Максимальная величина прямого напряжения U_u равна разности амплитуды выпрямляемого напряжения U_m и среднего значения выпрямленного напряжения U_0. Косинус угла отсечки θ определится выражением

$$\cos\theta = \frac{U_0}{U_m} = \frac{U_m - U_u}{U_m}, \qquad (1)$$

откуда

$$U_u = U_m (1 - \cos\theta). \qquad (2)$$

Максимальная величина импульса выпрямленного тока составляет

$$I_u = SU_u \qquad (3)$$

где S — крутизна характеристики диода.

Подставляя (2) в (3), получим:

$$I_u = SU_m (1 - \cos\theta). \qquad (4)$$

Количество электричества, переносимое одним импульсом выпрямленного тока,

$$Q = \frac{T}{\pi} SU_m (\sin\theta - \theta\cos\theta). \qquad (5)$$

Графически (фиг. 8) оно представлено площадью *АБВ*, занимаемой одним импульсом тока.

Среднее значение выпрямленного тока может быть найдено путем деления количества электричества Q на длительность периода T:

$$I_0 = \frac{Q}{T} = \frac{1}{\pi} SU_m (\sin\theta - \theta\cos\theta). \qquad (6)$$

Соотношение между величиной импульса I_u и средним значением выпрямленного тока I_0 определится отношением (4) к (6):

$$\frac{I_u}{I_0} = \pi \frac{1 - \cos\theta}{\sin\theta - \theta\cos\theta} = \frac{1}{\alpha_0}, \qquad (7)$$

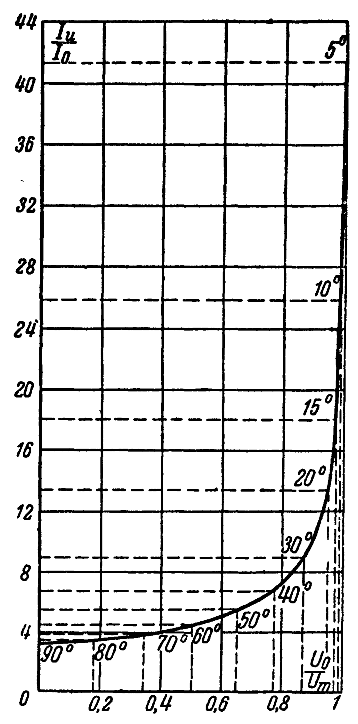
где α_0 — коэффициент разложения косинусоидального импульса.

Как видно из последнего выражения, при полном использовании диода по току величина импульса выпрям-

ленного тока будет определяться углом отсечки θ, который может быть выражен через отношение U_0 к U_m:

$$\theta = \arccos \frac{U_0}{U_m}. \qquad (8)$$

Отношение $\frac{U_0}{U_m}$ представлет собой коэффициент передачи напряжения, который зависит от соотношения между сопротивлением нагрузки $R_н$ и внутренним сопротивлением диода. Отношение величины импульса к среднему значению выпрямленного тока в зависимости от коэффициента передачи напряжения для идеального диода приведено на фиг. 9.



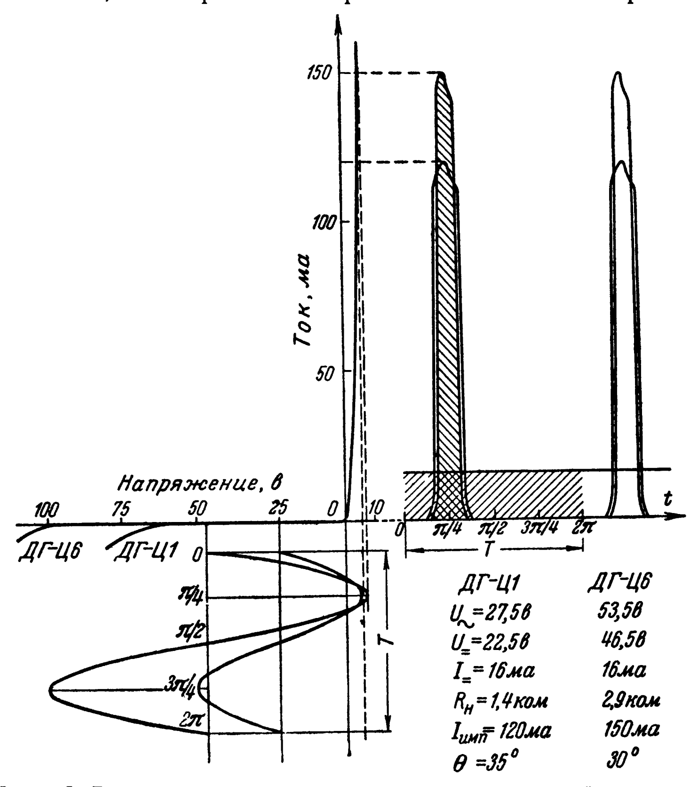
Фиг. 9. Зависимость отношения импульса к среднему значению выпрямленного тока от коэффициента передачи для идеального детектора.

Зная коэффициент передачи напряжения, можно по графику фиг. 9 определить угол отсечки, величину импульса выпрямленного тока и его среднее значение.

Если угол отсечки невелик, а именно равен 20 или даже 15°, то импульсное значение тока превосходит среднее его значение соответственно в 13 или 18 раз. Это значит, что при $I_0 = 16$ *ма* $I_и$ равен 208 *ма* при $\theta = 20°$ и 288 *ма* при $\theta = 15°$.

Следует отметить, что углы отсечки 15° и меньше при I_0, равном 16 *ма*, могут получиться лишь при амплитудах напряжения, значительно превышающих 100 *в*, т. е. при напряжениях, на которые рассматриваемые типы диодов не рассчитаны. Объясняется это тем, что для получения малых углов отсечки нагрузочное сопротивление должно быть большим. Таким образом использование диодов ДГ-Ц для работы с малыми (меньше 15°) углами отсечки возможно лишь тогда, когда выпрямленный ток не должен превышать 1—1,5 *ма*.

На фиг. 10 графически показан процесс выпрямления при максимальном использовании диода как по напряжению, так и по току. Как видно из графика фиг. 10, при максимальном напряжении на диоде около 50 *в* и среднем выпрямленном токе 16 *ма* амплитуда тока в импульсе достигает 120 *ма*, в то время как при максимальном напряжении

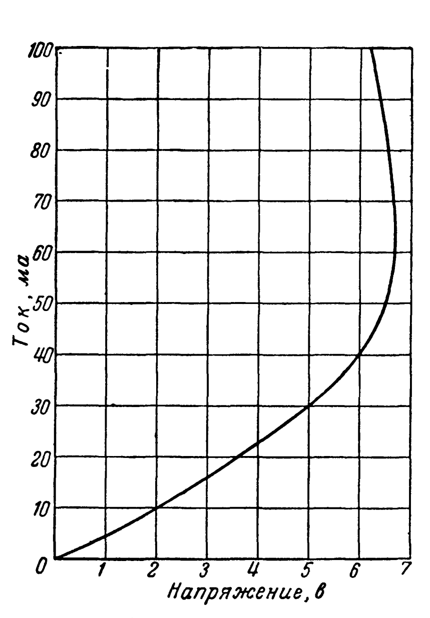


Фиг. 10. Выпрямление переменного тока при активной нагрузке, шунтированной емкостью.

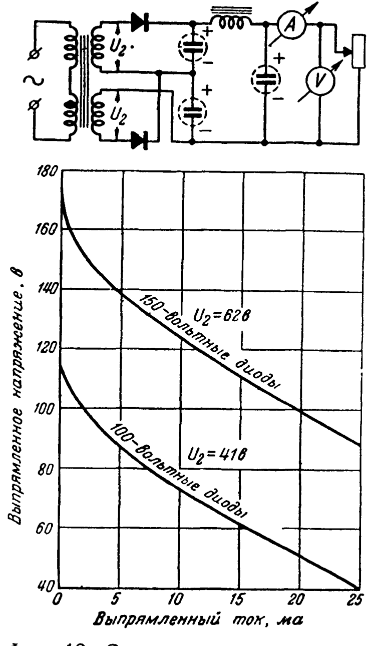
на диоде 100 *в* и таком же выпрямленном токе амплитуда импульса тока составляет 150 *ма*. Это объясняется тем, что при сохранении выпрямленного тока неизменным увеличение переменного напряжения вызывает необходимость в увеличении сопротивления нагрузки, что приводит к уменьшению угла отсечки. Меньшим же углам отсечки соответствуют большие величины импульса прямого тока при неизменном среднем его значении. Диоды ДГ-Ц выдержи-

вают без вреда для себя кратковременные импульсы тока до 300 *ма*, что и обеспечивает возможность их уверенной работы в этом режиме.

Интересно отметить, что в этих условиях прямое напряжение на диоде доходит до 5—7 *в*, при которых диод обладает свойствами отрицательного сопротивления (фиг. 11), вследствие чего вершина импульса выпрямленного тока деформируется.



Фиг. 11. Вольтамперная характеристика диода ДГ-Ц2 в области прямой проводимости.



Фиг. 12. Схема и нагрузочные характеристики выпрямителя на диодах типа ДГ-Ц.

Из фиг. 10 можно видеть, что при выпрямлении величина обратного тока диода не оказывает заметного влияния на работу выпрямителя, так как обратное сопротивление диода в несколько сот раз больше сопротивления нагрузки. Качество диода по прямому току играет существенную роль при работе в режиме выпрямления. Однако здесь трудно дать какие-либо рекомендации к выбору типа диода, так как величина выпрямленного тока при напряжении +1 *в*, указываемая в таблице параметров, не характеризует внутреннее сопротивление диода при бóльших напряжениях. Для диодов, используемых в качестве вентилей, повидимо-

му, более показательной была бы величина прямого тока при напряжении не +1 *в*, а +4 или +5 *в*.

В настоящее время разработаны новые типы диодов с обратным напряжением 150 и 200 *в* при допустимом максимальном обратном токе 0,25 и 0,8 *ма*.

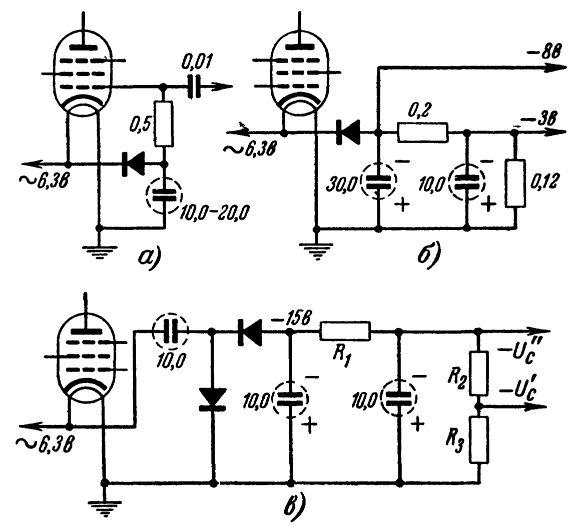
На фиг. 12 показана схема двухполупериодного выпрямителя, построенного на диодах типа ДГ-Ц, и его нагрузочные характеристики. Этот выпрямитель состоит из двух однополупериодных выпрямителей, соединенных последовательно. Построить выпрямитель на более высокое напряжение, чем допускает один диод, можно также, соединив последовательно несколько диодов. В этом случае необходимо подобрать одинаковые диоды во избежание неравномерного распределения обратного напряжения, которое может привести к гибели одного, а затем и других диодов.

Диоды ДГ-Ц могут быть применены в выпрямителе для получения напряжения смещения. Для выпрямления может быть использовано напряжение, которое подводится к нитям накала ламп. Если напряжение смещения должно быть равно около 8—9 *в* (лампы типов 6П1П и 6П6С при напряжении на экранной сетке 150 *в*), то такой выпрямитель может состоять только из диода и низковольтного электролитического конденсатора емкостью 10—20 *мкф* (фиг. 13,*а*). Отсутствие нагрузочного сопротивления в этом случае не противоречит тому условию эксплуатации оконечных ламп, согласно которому в цепи управляющей сетки не должно быть большого сопротивления. Действительно, для ионных или термоэлектронных токов сетки такой ненагруженный выпрямитель не будет представлять заметного сопротивления, так как они будут легко проходить через диод.

На фиг. 13,*б* изображена схема более сложного выпрямителя, дающего два напряжения смещения (для оконечной лампы и для ламп предыдущих каскадов). Если требуемое напряжение смещения превышает 8 *в*, то следует применить однополупериодный выпрямитель с удвоением напряжения, схема которого показана на фиг. 13,*в*. Такой выпрямитель дает напряжение порядка 15 *в*, что вполне достаточно для оконечных ламп типов 6П1П, 6П3С и 6П6С. Суммарное сопротивление делителя напряжения R_1, R_2 и R_3 должно быть примерно 100—200 *ком*.

Для работы в сеточных выпрямителях пригодны любые типы ДГ-Ц. Применение описанных выпрямителей целесо-

образно в тех случаях, когда на анод оконечной лампы желательно подать полное напряжение, даваемое выпрямителем, и также когда используются лампы, требующие боль-



Фиг. 13. Схемы выпрямителей на германиевых диодах ДГ-Ц для сеточного смещения.

шого напряжения смещения, например 6С4С. В последнем случае полезно предусмотреть в силовом трансформаторе дополнительную обмотку для сеточного выпрямителя.

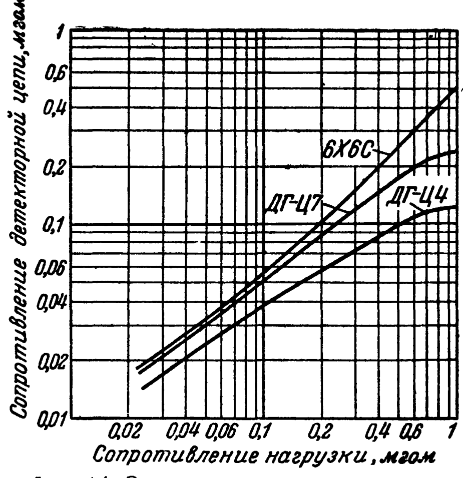
ДЕТЕКТИРОВАНИЕ АМПЛИТУДНОМОДУЛИРОВАННЫХ СИГНАЛОВ

Для детектирования амплитудномодулированных сигналов германиевый диод включается в такую же цепь, как и ламповый диод. Единственное отличие заключается в отсутствии у германиевого диода цепи накала, что, между прочим, дает возможность получить любую полярность постоянной составляющей выпрямленного напряжения.

При рассмотрении вопроса о детектировании амплитудномодулированных сигналов необходимо принимать во внимание, что напряжение на детектор почти во всех случаях подается с колебательного контура и, следовательно, существенное влияние на получаемые результаты оказывает входное сопротивление цепи детектора, которое шунтирует этот контур.

На фиг. 14 показана зависимость входного сопротивления детекторной цепи от сопротивления нагрузки для разных типов диодов, а на фиг. 2—их вольтамперные характеристики.

Из указанных графиков видно, что чем больше обратный ток диода, тем меньшее входное сопротивление имеет детектор и тем больше он шунтирует контур. В этом отношении германиевые диоды уступают ламповым, что наиболее ощутимо при больших сопротивлениях нагрузки.

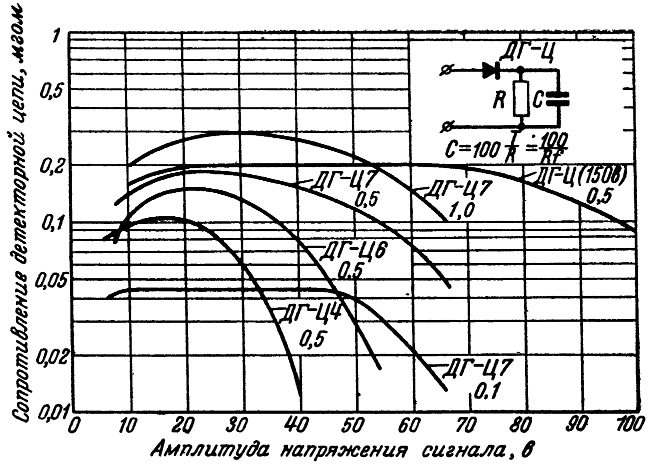


Фиг. 14. Зависимость входного сопротивления детектора от сопротивления нагрузки для различных типов диодов.

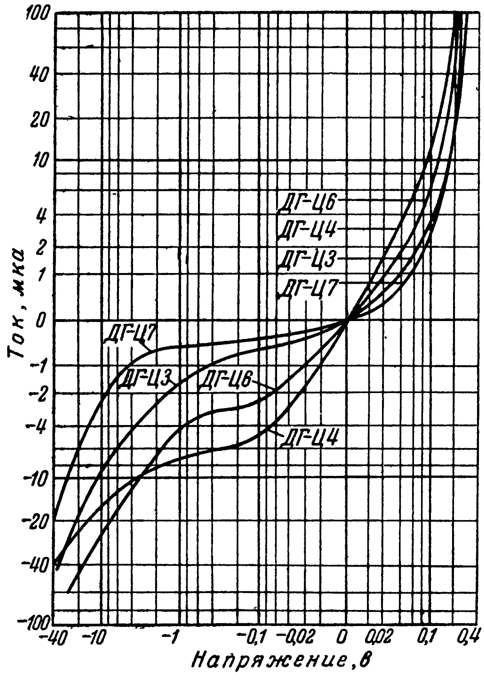
На фиг. 15 показана зависимость входного сопротивления детектора от амплитуды сигнала при определенных сопротивлениях нагрузки для диодов различных типов. Уменьшение входного сопротивления детектора при увеличении уровня сигнала вызывается резким возрастанием обратных токов. Малая величина сопротивления детекторной цепи при малых амплитудах объясняется тем, что среднее за высокочастотный период сопротивление диода при малых приложенных напряжениях значительно меньше такового при приложении напряжения 5—6 *в* и выше.

Фиг. 16 хорошо подтверждает высказанное положение. При амплитудах меньше 30—40 *мв* эффективность детектирования весьма мала. Для кристаллического детектора порог детектирования имеет примерно ту же величину, что и для лампового.

Вопрос о нелинейных искажениях, возникающих при детектировании слабых сигналов с помощью диодов типа ДГ-Ц, еще недостаточно хорошо изучен, главным образом вследствие значительной неидентичности характеристик различных образцов этих диодов. Следует ожидать, что нелинейность обратной ветви характеристики, сильно выра-



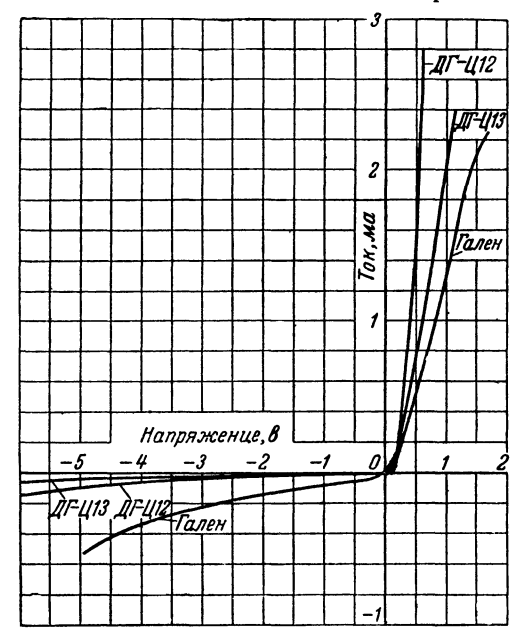
Фиг. 15. Зависимость входного сопротивления детектора от напряжения сигнала при сопротивлениях нагрузки 0,1; 0,5 и 1 *мгом* для диодов ДГ-Ц различных типов.



Фиг. 16. Вольтамперные характеристики диодов ДГ-Ц в области малых напряжений.

женная в области малых напряжений (от 0 до 50—80 *мв*), вызовет повышение нелинейных искажений. Поэтому замену ламповых диодов диодами ДГ-Ц можно рекомендовать при условии, если напряжение несущей частоты, подводимой к детектору, составляет не менее 150—200 *мв*.

В обычном детекторном приемнике входное сопротивление детекторной цепи в десятки и сотни раз меньше, чем



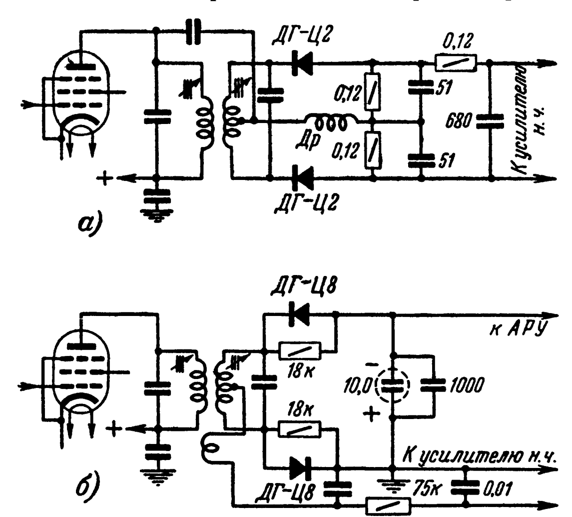
Фиг. 17. Вольтамперные характеристики детекторной пары гален-никелин и диодов ДГ-Ц12 и ДГ-Ц13.

в ламповом. Это обусловлено тем, что головные телефоны, являющиеся полезной нагрузкой детекторного приемника, имеют низкое сопротивление постоянному току (4 200 *ом* или еще меньше). В этих условиях вредное действие обратной проводимости диода практически не ощущается даже с диодами типов ДГ-Ц12 и ДГ-Ц13. На фиг. 17 приведены вольтамперные характеристики средних по качеству диодов типов ДГ-Ц12 и ДГ-Ц13, а также наилучшей «точки» хорошего кристалла гален с пружинкой из никелиновой проволоки. Сопоставление кривых показывает, что при детектируемых напряжениях до 100—150 *мв* хорошая «точка» на кристалле настраиваемого детектора старого

типа может дать несколько лучшее детектирование. При напряжениях 0,2 *в* и более германиевые диоды (в том числе ДГ-Ц12. и ДГ-Ц13) работают лучше самых хороших «точек» обычных настраиваемых детекторов.

ДЕТЕКТИРОВАНИЕ ЧАСТОТНОМОДУЛИРОВАННЫХ СИГНАЛОВ

На фиг. 18 приведены две схемы частотных детекторов, работающих на диодах ДГ-Ц. Практика показала, что в приемниках второго и третьего классов наиболее целесообразно использовать дробный детектор, который при пра-



Фиг. 18. Схемы частотных детекторов на диодах типа ДГ-Ц.

а — дискриминатора; *б* — дробного детектора

вильной настройке обладает почти такой же помехоустойчивостью, как и система ограничитель-дискриминатор, а по чувствительности в несколько раз превосходит ее. Применение дробных детекторов позволяет, кроме того, легко решить вопрос индикации настройки, например с помощью обычного электроннолучевого индикатора типа 6Е5С.

Помехоустойчивость дробного детектора при хорошей балансировке в значительной степени определяется внутренним сопротивлением диода. Чем меньше это сопротивление, тем помехоустойчивее детектор. Так как внутреннее сопро-

тивление германиевых диодов в 2—4 раза меньше внутреннего сопротивления ламповых, они позволяют существенно повысить помехоустойчивость системы.

Как правило, детектирование ЧМ сигналов в дробном детекторе происходит при напряжениях не менее нескольких десятых долей вольта и в большинстве случаев порядка 1,5 *в*. Использование дробного детектора с диодами ДГ-Ц в УКВ приемнике позволяет получить большую эффективность детектирования и избежать применения предварительного каскада УНЧ.

Наилучшим диодом для дробного детектора является ДГ-Ц8.

ДЕТЕКТИРОВАНИЕ АМПЛИТУДНОМОДУЛИРОВАННЫХ СИГНАЛОВ ИЗОБРАЖЕНИЯ В ТЕЛЕВИЗИОННЫХ ПРИЕМНИКАХ

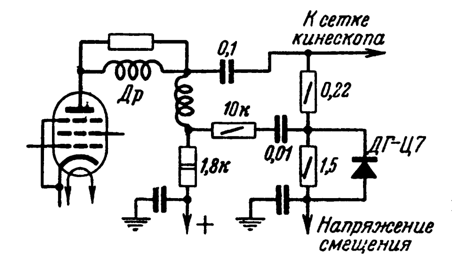
Вследствие того что сигналы изображения занимают полосу частот до 6 *мггц*, сопротивление нагрузки в цепи детектора сигналов изображения выбирается небольшим (порядка 3—4 *ком*), и для получения хорошего коэффициента передачи напряжения следует применять диод с малым внутренним сопротивлением. В существующей номенклатуре диодов ДГ-Ц повышенной проводимостью обладают диоды ДГ-Ц2, ДГ-Ц8 и ДГ-Ц12. Допустимые обратные напряжения этих диодов составляют 30 и 50 *в*, что вполне достаточно, так как к детектору сигнала изображения подводится напряжение от 0,5 *в* до нескольких вольт. Значительным преимуществом диода ДГ-Ц перед ламповым является то, что он обладает малой емкостью.

Диоды ДГ-Ц в детекторной цепи сигналов изображения включаются по такой же схеме, что и ламповые. Отсутствие цепи накала делает одинаково легким получение любой полярности напряжения сигналов изображения и синхронизирующих импульсов.

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ПОСТОЯННОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ НАПРЯЖЕНИЯ В ЦЕПИ УПРАВЛЯЮЩЕГО ЭЛЕКТРОДА КИНЕСКОПА

Диоды ДГ-Ц могут быть с успехом применены в оконечном каскаде усилителя сигналов изображения для восстановления постоянной составляющей напряжения в цепи управляющего электрода кинескопа (фиг. 19). Основное требование, которому при таком применении должен удов-

летворять диод, заключается в большом обратном сопротивлении при напряжениях порядка 100—120 *в*. Этому требованию хорошо удовлетворяют диоды ДГ-Ц7, обладающие



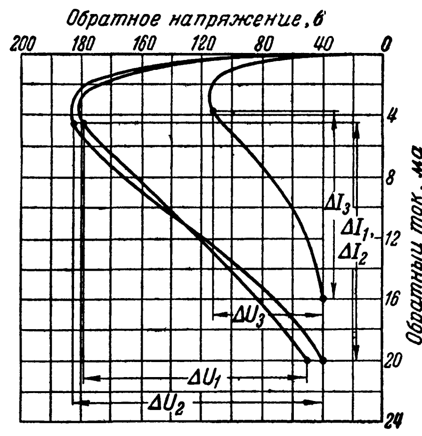
Фиг. 19. Схема восстановления постоянной составляющей напряжения в цепи управляющей сетки электронно-лучевой трубки.

при обратном напряжении 100 *в* сопротивлением свыше 0,4 *мгом*.

При восстановлении больших величин постоянных составляющих можно включать последовательно два диода со схожими характеристиками.

ГЕНЕРИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ

Участок отрицательного сопротивления обратной ветви вольтамперной характеристики рассматриваемых диодов ДГ-Ц может быть использован для генерирования электрических колебаний. Очевидно, что одним из важнейших условий получения колебаний достаточной мощности являются надлежащая форма и протяженность этого участка характеристики. Исследования показали, что крутизна и протяженность участка отрицательного сопротивления заметно изменяются от одного образца диода к другому.

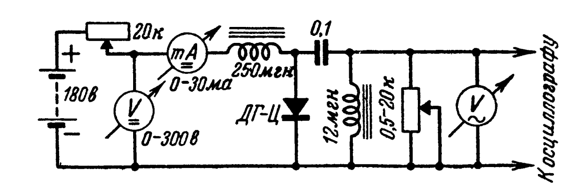


Фиг. 20. Характеристики трех диодов типа ДГ-Ц с участками отрицательного сопротивления.

На фиг. 20 показаны участки отрицательного сопротивления характеристик трех диодов типа ДГ-Ц. Как видно из графика, величина колебательной мощности, равная одной восьмой части произведения ΔU на ΔI, зависит от угла наклона характеристики и ее про-

тяженности. Наилучший к. п. д. получится у диода, конец отрицательной ветви характеристики которого наиболее близко приближается к вертикальной оси.

На фиг. 21 приведена схема генератора на диоде ДГ-Ц. С отдельными образцами диодов были получены колебательные мощности порядка 100—120 *мвт* в контуре на частотах от 1 до 20 *кгц*. На более высоких частотах наблюдалось резкое снижение отдаваемой мощности, что, повидимому, связано с тепловыми явлениями, происходящими в полупроводнике.



Фиг. 21. Схема генератора на диоде ДГ-Ц.

Испытания показали, что при непрерывной работе в течение 1—2 час. максимальная допустимая мощность рассеяния в точке контакта, которую допускает диод, достигает 1,5 *вт*. Более длительная работа при таких мощностях рассеяния приводит к порче диода. Однако самый факт работы диодов в течение этого времени при мощности, превышающей установленную в 15 раз, указывает на принципиальную возможность их использования в более напряженном тепловом режиме. Улучшение теплоотвода, например, с помощью радиатора ведет к значительному ослаблению напряженности теплового режима полупроводника.

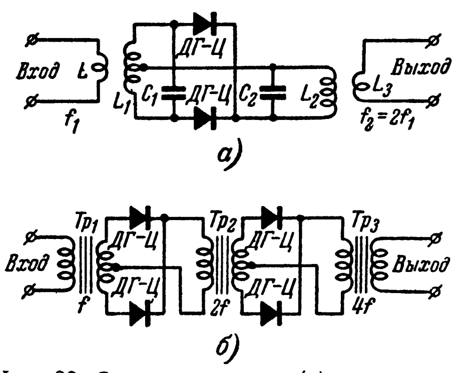
УДВОЕНИЕ ЧАСТОТЫ

При помощи германиевых диодов можно довольно просто удваивать частоту электрических колебаний небольшой мощности.

Схема диодного удвоителя частоты изображена на фиг. 22,*а*. Контур L_1C_1 настроен на частоту генератора f_1 (любая частота не более 100 *мггц*), а контур L_2C_2 — на удвоенную частоту $f_2 = 2f_1$. Работа удвоителя частоты основана на том, что при двухполупериодном выпрямлении получается пульсирующий ток, содержащий большую пе-

ременную составляющую, частота которой в 2 раза выше частоты подводимого тока. Благодаря явлению резонанса токи удвоенной частоты выделяются контуром L_2C_2. Катушка связи L_3 дает возможность хорошо связать такой удвоитель частоты с любым другим устройством.

В случае необходимости учетверения частоты можно рекомендовать двухкаскадное удвоение. Для этого к контуру L_2C_2 следует подключить контур L_3C_3 совершенно подобно тому, как контур L_2C_2 подключен к контуру L_1C_1 (в этом случае катушка L_2 должна иметь вывод от средней точки). Катушка связи индуктивно связывается с контуром L_3C_3, настроенным на частоту $4f_1$. Форма кривой напряжения, полученная при описанном способе удвоения или учетверения частоты, получается близкой к синусоидальной благодаря фильтрующему действию колебательных контуров. Выбор типа германиевого диода определяется величинами действующих токов и напряжений и должен производиться в соответствии с табл. 1. Для устойчивости работы диодов мощность, подводимая к удвоителю, не должна превышать 1 *вт*.

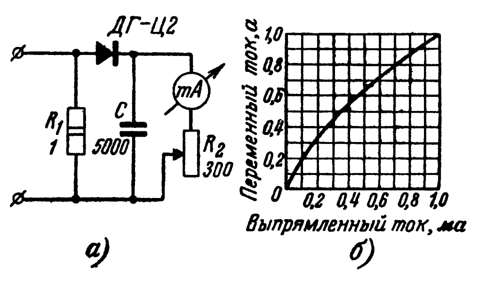


Фиг. 22. Схемы удвоителя (*а*) и учетверителя (*б*) частоты.

Применяя описанный принцип использования переменной составляющей пульсирующего тока, получающегося при двухполупериодном выпрямлении, можно в результате удвоения или учетверения частоты электросети переменного тока получить низкую звуковую частоту (100 или 200 *гц*). Схема такого источника звуковой частоты показана на рис. 22,*б*. Здесь нет колебательных контуров, настроенных в резонанс с основной частотой переменной составляющей, поэтому на выходе наряду с основной частотой в 200 *гц* будут заметно прослушиваться и более высокие звуковые частоты (гармоники). При необходимости гармоники могут быть устранены использованием на выходе удвоителя или учетверителя настроенного колебательного контура.

ПРИМЕНЕНИЕ ДИОДОВ ДГ-Ц В ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРАХ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА И НАПРЯЖЕНИЯ

Детекторные приборы переменного тока, представляющие собой сочетание прибора магнитоэлектрической системы и выпрямительных элементов, находят широкое применение при измерении переменных токов и напряжений с частотой до 100 *мггц* и более. По сравнению с купроксными и селеновыми выпрямительными элементами германиевые диоды обладают значительно большим соотношением между обратным и прямым сопротивлениями, выдерживают большее обратное напряжение и эффективно работают в более широком диапазоне напряжений (от десятой доли вольта до нескольких десятков вольт). Поэтому германиевые диоды могут быть весьма успешно использованы в приборах такого типа.

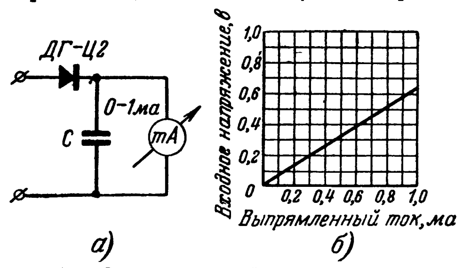


Фиг. 23. Схема высокочастотного амперметра с диодом типа ДГ-Ц.

Схемы соединения диодов ДГ-Ц с магнитоэлектрическими приборами отличаются большим разнообразием. На фиг. 23,*а* приведена схема простого высокочастотного детекторного амперметра, пригодного для измерения токов с частотой до 100 *мггц*. Сопротивление R_1 представляет собой безиндукционное проволочное сопротивление 1 *ом*. В качестве измерителя *mA* может быть применен любой миллиамперметр магнитоэлектрической системы чувствительностью от 0,5 до 10 *ма* на всю шкалу. Сопротивление R_2 для прибора в 1 *ма* должно быть около 300 *ом* и подбирается таким, чтобы полное отклонение стрелки миллиамперметра соответствовало определенной, заранее установленной величине (в данном случае 1 *а*). На фиг. 23,*б* изображен график градуировки описанного амперметра. Конечно, по схеме фиг. 23,*а* может быть построен амперметр и на другие значения тока. Чувствительность амперметра будет определяться величиной безиндукционного сопротивления R_1.

На фиг. 24,*а* приведена схема простейшего вольтметра, пригодного для частот от 50 *гц* до 100 *мггц*, в котором применен миллиамперметр магнитоэлектрической системы чувствительностью в 1 *ма* на всю шкалу (пригодны и более

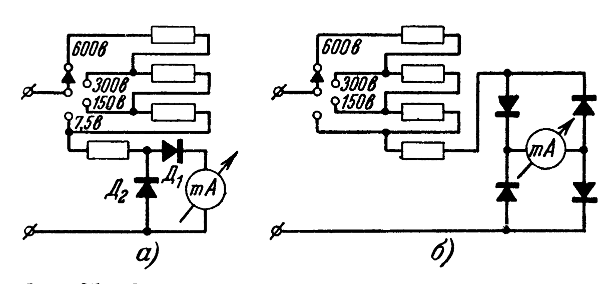
чувствительные приборы). В вольтметре, предназначенном для измерения звуковых частот, конденсатор *C* должен иметь емкость примерно 1—2 *мкф*, а для радиочастот — порядка 0,01—0,02 *мкф*. На фиг. 24,*б* показан примерный график градуировки такого вольтметра для случая, когда прибор не имеет отдельного добавочного сопротивления. Подключая то или иное добавочное сопротивление, можно увеличить пределы измерения прибора до величины, равной 40% наибольшего обратного рабочего напряжения (например, для диода ДГ-Ц7 — до 40 *в*).



Фиг. 24. Схема простейшего вольтметра переменного напряжения с диодом типа ДГ-Ц.

Увеличить пределы измерения выше 40 *в* можно, применив последовательное соединение двух или более диодов с близкими параметрами.

Однако этот способ целесообразен лишь при измерениях на таких частотах, при которых трудно изготовить добавоч-

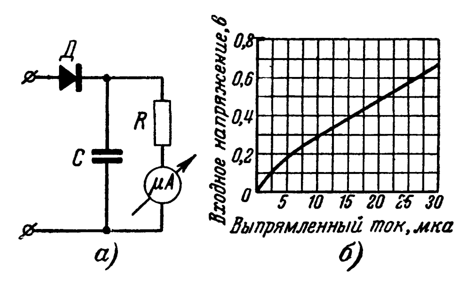


Фиг. 25. Схемы многопредельных низкочастотных вольтметров с диодами типа ДГ-Ц.

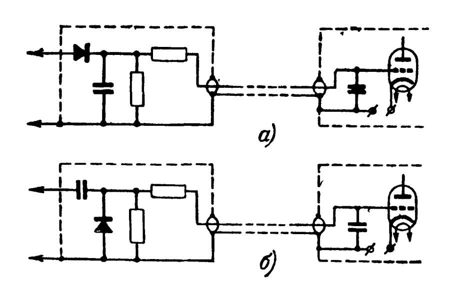
ные сопротивления, не вносящие большие погрешности в измерения. В диапазоне звуковых частот лучше применить два диода с несколькими добавочными сопротивлениями (по числу пределов измерения прибора). Схема такого вольтметра показана на фиг. 25,*а*. Диод $Д_1$ пропускает ток, приводящий в действие миллиамперметр *mA*, в то время как диод $Д_2$ пропускает ток обратного направления. Наличие диода $Д_2$ необходимо для того, чтобы предотвратить пробой диода $Д_1$.

Если окажется необходимым при данном миллиамперметре вдвое увеличить чувствительность детекторного прибора, то его следует собирать по мостовой схеме (фиг. 25,*б*).

Используя диод ДГ-Ц вместе с чувствительным микроамперметром, можно получить диодный вольтметр с повышенным входным сопротивлением и очень малой входной емкостью. Схема такого вольтметра приведена на фиг. 26,*а*. Если его выполнить так, чтобы размеры проводника, соединяющего диод *Д* с точкой аппарата, в которой нужно измерить напряжения, были минимальными, то входная емкость вольтметра составит около 1 *пф*, что в несколько раз меньше входной емкости обычных ламповых вольтметров (например, типа ВКС-7). На фиг. 26,*б* изображена кривая градуировки вольтметра со следующими данными: *Д* — диод типа ДГ-Ц2, *С* — конденсатор слюдяной емкостью 2 000 *пф*, *R* — сопротивление непроволочное 51 *ком*, μ *А* — микроамперметр на 30 *мка*. Активная составляющая входного сопротивления такого детекторного вольтметра относительно невелика (около 25 *ком*). Однако благодаря малой величине входной емкости этот детекторный вольтметр может в ряде случаев (например, при налаживании телевизора или ультракоротковолновой аппаратуры) оказаться более подходящим, чем ламповый.



Фиг. 26. Схема диодного вольтметра с повышенным сопротивлением.



Фиг. 27. Схемы входных цепей ламповых вольтметров с диодами типа ДГ-Ц.

Замена микроамперметра ламповым вольтметром постоянного тока приводит к схеме фиг. 27,*а*. Большим преимуществом такого вольтметра по сравнению с обычным ламповым вольтметром является его малая входная емкость, что в ряде высокочастотных измерений играет решающую

роль. Однако следует заметить, что возможности измерения с вольтметром, собранном по схеме фиг. 27,*а*, ограничены теми случаями, когда между концами, присоединяемыми к измеряемой цепи, имеется гальваническая проводимость (проводимость по постоянному току). От этого недостатка свободен вольтметр, схема которого приведена на фиг. 27,*б*. Однако у вольтметра по схеме фиг. 27,*б* входная емкость несколько больше, чем у вольтметра по схеме фиг. 27,*а*, что в некоторых случаях может оказаться нежелательным.

То обстоятельство, что германиевый диод в отличие от лампового не нуждается в накале катода, упрощает кабель, соединяющий высокочастотную головку вольтметра с остальной его частью.

Вольтметры, выполненные по схемам фиг. 27, являются пиковыми, реагирующими на пики напряжений положительной полярности. То, что катод диода ДГ-Ц не нуждается в накаливании, дает возможность изменить включение диода и без затруднений изготовить высокочастотный вольтметр, реагирующий на пики напряжений отрицательной полярности.

О ПРИМЕНЕНИИ ДИОДОВ ДГ-Ц С ПЛОСКОСТНЫМ КОНТАКТОМ

Применение силовых диодов в качестве выпрямительных элементов вместо ламповых кенотронов и селеновых столбиков дает заметные преимущества.

От селеновых столбиков соответствующий по напряжению и выпрямленному току комплект силовых диодов ДГ-Ц выгодно отличается несравненно меньшими размерами, более высоким к. п. д. и повышенной надежностью. При сравнении с ламповыми диодами ко всем этим преимуществам добавляется еще и экономичность, так как полупроводниковые приборы не требуют расхода энергии на накал.

Однако широкому использованию диодов ДГ-Ц21, ДГ-Ц22, ДГ-Ц23 и ДГ-Ц24 в качестве вентилей выпрямительных устройств в радиовещательных приемниках и телевизорах препятствует сравнительно низкое значение выпрямленного напряжения, которое может быть получено без применения последовательного соединения диодов.

Для получения напряжения 200—250 *в* (для питания анодных цепей ламп) необходимо соединить последовательно три диода типа ДГ-Ц24 или четыре диода типа ДГ-Ц23.

В таких случаях диоды должны очень тщательно подбираться по признаку равных внутренних сопротивлений как прямому, так и обратному току. При плохом подборе один из диодов оказывается под повышенным напряжением и может пробиться, что неизбежно повлечет за собой гибель и других диодов, находящихся с ним в последовательном соединении.

Практически при последовательном соединении диодов приходится параллельно диодам включать выравнивающие сопротивления, что значительно снижает эффект выпрямления. Поэтому желательно, чтобы подбор диодов для последовательного соединения тщательно производился на самом заводе-изготовителе, с тем чтобы потребитель получал готовый блок подобранных диодов на определенную величину подводимого напряжения.

С разработкой силовых диодов на более высокие напряжения отпадет необходимость последовательного соединения нескольких штук, в связи с чем можно ожидать, что эти приборы вытеснят из радиовещательной и телевизионной аппаратуры обычные ламповые кенотроны и селеновые выпрямители.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рассмотренные примеры не охватывают, конечно, всех случаев применения германиевых диодов типа ДГ-Ц. Они могут с успехом применяться также в цепях АРУ, устройствах «бесшумной настройки», в подавителях импульсных помех, в качестве выпрямительных элементов в различных системах регулировки с применением отрицательной обратной связи, в кольцевом модуляторе с четырьмя идентичными диодами, в индикаторе напряженности поля, для ограничения амплитуды, формирования импульсов тока или напряжения, для отделения импульсов напряжения, искажения формы тока с целью создания гармоник основной частоты, для диодного преобразования частоты в супергетеродинных приемниках и конвертерных приставках.

Резюмируя изложенное, можно сказать, что германиевые диоды типа ДГ-Ц имеют перед ламповыми диодами следующие преимущества:

1. Германиевый диод не требует мощности для подогрева катода, не вносит «фона» (гудения переменного тока) и, следовательно, работает независимо от колебаний напряжения источников питания.

2. Германиевый диод уже при напряжениях сигнала, составляющих несколько десятых долей вольта, имеет малое

внутреннее сопротивление, значительно меньшее, чем сопротивление лучших ламповых диодов. Это представляет выгоду при использовании их в телевизионных приемниках и приемниках с частотномодулированными сигналами, где сопротивление нагрузки диода должно быть малым.

3. Германиевый диод имеет малые размеры и вес (не больше чем полуваттное сопротивление типа ВС); он может впаиваться в устройство и не требует специального крепления.

4. Германиевый диод имеет малую междуэлектродную емкость (0,2—0,4 *пф*), что имеет важное значение при использовании его на высоких частотах.

5. Вольтамперная характеристика германиевого диода проходит через начало осей координат; отсутствие начальной э. д. с. (начального тока) иногда представляет определенное преимущество.

6. В подавляющем большинстве германиевых диодов типа ДГ-Ц рабочий режим устанавливается практически мгновенно с момента включения аппарата, что имеет важное значение для работы многих устройств.

Малые габариты, независимость от источников питания, стабильность параметров, большой срок службы и сравнительно невысокая стоимость обеспечат германиевым диодам типа ДГ-Ц широкое применение в самой разнообразной электротехнической и радиотехнической аппаратуре.

СОДЕРЖАНИЕ

Цена 1 руб.